



## AGROINDUSTRIAL TECHNOLOGY JOURNAL

Available online at : [ejournal.unida.gontor.ac.id](http://ejournal.unida.gontor.ac.id)

### ANALISIS FAKTOR-FAKTOR PENJERNIHAN LIMBAH CAIR UNIT PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI GULA (STUDI KASUS PG XYZ)

*Analysis Factors Of Liquid Waste Treatment On Liquid Waste Processing Unit Sugar Industrial  
(Case Study PG XYZ)*

**Eva Rusdiana<sup>1</sup>, Mohammad Fuad Fauzul Mu'tamar<sup>1\*</sup>, Khoirul Hidayat<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian  
Universitas Trunojoyo Madura

\*correspondence authors: [mfuadfm@gmail.com](mailto:mfuadfm@gmail.com)

---

**ARTICLE INFO :** Diterima 13 April 2020, Diperbaiki 4 Mei 2020, Disetujui 5 Mei 2020

---

#### **ABSTRACT**

*The Liquid waste sugar industry can cause pollution in the waters due to contamination, deoxygenation by pollutants and strong odors caused by biodegradation of waste in the form of hydrogen sulfide gas. Liquid sugar industry wastes can increase the levels of BOD (Biological Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), and TSS (Total Suspended Solid) in the waters so that handling of these wastes is needed. The purpose of this study is to determine the factors that influence each stage of the waste treatment process so that wastewater treatment can run effectively and efficiently. The results showed that the factors that could influence the purification of liquid waste were pH, temperature, discharge of wastewater, and active sludge content. The pH value of inlet of wastewater that can be tolerated is between 7-9 with a maximum temperature of 40°C with a debitt of wastewater in the aeration pond a maximum of 120 m<sup>3</sup> / hour and a condition of active sludge volume of 30-40%..*

**Key Words :** liquid waste, sugar industry, IPAL

#### **ABSTRAK**

*Limbah cair industri gula dapat mengakibatkan polusi di perairan karena kontaminasi, deoksigenisasi oleh polutan dan bau menyengat yang diakibatkan oleh biodegradasi limbah dalam bentuk gas hidrogen sulfida. Limbah cair pada industri gula mampu meningkatkan kadar BOD (Biological Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), serta TSS (Total Suspended Solid) di perairan sehingga diperlukan penanganan terhadap limbah tersebut. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui faktor faktor yang berpengaruh pada masing-masing tahap proses pengolahan limbah cair berjalan secara efektif dan efisien. Hasil penelitian menunjukkan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi penjernihan limbah cair yaitu pH, suhu, debit air limbah, dan kandungan lumpur aktif. Nilai pH inlet air limbah yang dapat ditolerir yaitu antara 7-9 dengan suhu maksimal 40°C dengan debitt air limbah pada kolam aerasi maksimal 120 m<sup>3</sup>/jam dan kondisi volume lumpur aktif sebesar 30-40%.*

**Kata Kunci :** limbah cair, industri gula, IPAL

---

## PENDAHULUAN

Limbah cair industri gula dapat mengakibatkan polusi di perairan karena kontaminasi, deoksigenisasi oleh polutan dan bau menyengat yang diakibatkan oleh biodegradasi limbah dalam bentuk gas hidrogen sulfida. Limbah cair industri gula pada umumnya tidak mengandung limbah berbahaya dan beracun akan tetapi limbah tersebut mampu meningkatkan kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), serta TSS (*Total Suspended Solid*) sehingga diperlukan penanganan terhadap limbah tersebut (Isyuniarto & Andrianto, 2009).

Pada umumnya penanganan limbah cair industri gula cukup dengan sistem biologis. Hal ini disebabkan karena polutannya merupakan bahan organik seperti karbohidrat, vitamin, dan protein yang dapat didegradasi oleh polutan secara biologis. Proses pengolahan limbah cair secara biologis dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan udara), kondisi anaerobik (tanpa udara) atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Proses biologis aerobik biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan biologis anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan BOD yang sangat tinggi (Said & Utomo, 2007).

Pengolahan limbah cair menggunakan proses biologis secara garis

dapat dibagi menjadi tiga yakni proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*) dan proses pengolahan dengan sistem lagoon atau kolam (Said & Utomo, 2007). Pada proses pengolahan limbah cair terdapat beberapa persyaratan proses yang harus dipenuhi pada masing-masing tahapan. Beberapa persyaratan tersebut diantaranya yaitu pH, kadar BOD, kadar COD, suhu, dan TSS. Hal ini dilakukan agar limbah dapat diproses ke tahap berikutnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang “Analisis faktor-faktor penjernihan limbah cair pada Unit Pengolahan Limbah Cair (UPLC)” yang bertujuan untuk mengetahui standar atau persyaratan pada masing-masing tahapan proses sehingga pengolahan limbah cair dapat berjalan secara efektif dan efisien. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan dan kontribusi terhadap PG. XYZ dalam upaya mengoptimalkan pengolahan limbah cair.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September – November 2019 di PG. XYZ, Malang, dengan menggunakan metode penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian deskriptif dalam penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisa upaya

pengoptimalan pengolahan limbah cair di PG. XYZ dengan pendekatan *Statistical Process Control* (SPC).

Objek penelitian adalah Unit Pengolahan Limbah Cair PG. XYZ. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi yang dilakukan secara langsung di PG. XYZ, wawancara dengan bagian *Quality Control* (QC) serta petugas Unit Pengolahan Limbah Cair (UPLC) mengenai data-data yang berhubungan dengan pengolahan limbah cair, dan studi pustaka untuk memperoleh pengetahuan secara teoritis mengenai pengolahan limbah cair pada suatu industri.

### **Studi Pendahuluan**

Dilakukan dengan peninjauan lokasi secara langsung untuk mengetahui kondisi perusahaan yang akan diteliti sehingga dapat mengetahui permasalahan yang akan dijadikan objek penelitian.

### **Tahap Analisis Data**

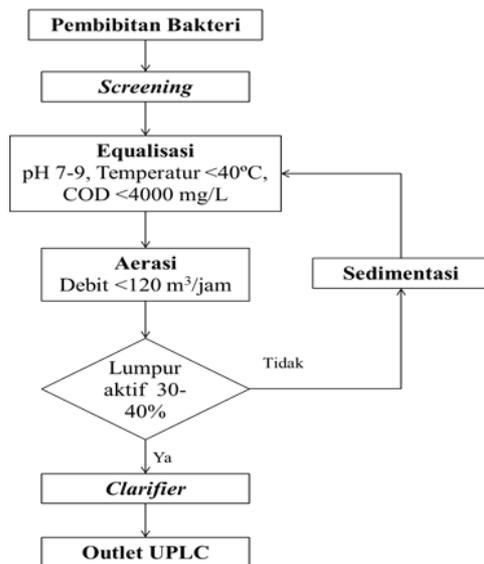
Langkah pertama yang dilakukan dalam menganalisis faktor-faktor penjernihan limbah cair adalah membuat lembar periksa berupa tabel (*checksheet*) data pengujian limbah cair pada Unit Pengolahan Limbah Cair (UPLC) pada tanggal 19 September sampai 18 Oktober 2019 yang bertujuan untuk mempermudah proses pengumpulan dan analisis data. Pengujian dilakukan menggunakan parameter derajat keasaman (pH), suhu, dan warna pada masing-masing tahapan

proses mulai dari *screening*, equalisasi, aerasi dan *clarifier*. Sedangkan pengujian nilai COD dilakukan pada pintu *inlet* dan *outlet* UPLC. Data diperoleh dari proses pengujian.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Proses Pengolahan Limbah Cair**

Pengolahan limbah cair PG. XYZ dilakukan dengan menggunakan teknologi SAL (Sistem Aerasi Lanjut). Teknik tersebut digunakan untuk mengurangi kebutuhan luas lahan dan meningkatkan proses pengolahan menjadi lebih cepat sekaligus menghilangkan bau yang mungkin timbul akibat proses oksidasi yang tidak sempurna. Adanya *surface aerator* tidak hanya berfungsi sebagai tenaga pengadukan namun juga dapat menambahkan oksigen terlarut sehingga mencegah timbulnya alga (Oktavia, 2012). Secara umum proses pengolahan limbah cair pada Unit Pengolahan Limbah Cair (UPLC) di PG. XYZ dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1** Diagram Alir Proses  
Pengolahan Limbah Cair di  
PG. XYZ

Unit Pengolahan limbah cair PG. XYZ memiliki kapasitas pengolahan maksimal 120 m<sup>3</sup>/jam. Luas kolam telah disesuaikan dengan waktu tinggal atau waktu tunggu pada setiap proses, sehingga proses pengolahan limbah cair dapat berjalan secara efektif dan efisien. Limbah cair yang diolah pada Unit Pengolahan Limbah Cair (UPLC) berasal dari air proses seperti air injeksi kondensor, air pencucian evaporator dan pencucian alat pemasak nira yang disalurkan melewati saluran tertutup dan masuk ke dalam bak tampung *inlet*. Air limbah akan melewati beberapa proses seperti tahap *screening* (penyaringan), equalisasi, aerasi, sedimentasi (jika diperlukan) dan *clarifier* (pengendapan) untuk selanjutnya dialirkan melalui pintu *outlet* menuju sungai.

## Pembibitan Bakteri

Pembibitan bakteri merupakan langkah awal pada pengolahan limbah cair dengan sistem biologi yang sering disebut dengan istilah *seeding*. Pembibitan bakteri dilakukan di dalam kolam stabilisasi 1 minimal 2-3 minggu sebelum musim giling tebu. Bakteri yang digunakan dalam pengolahan limbah cair PG. XYZ yaitu jenis INOLA-221. INOLA-221 merupakan bibit mikroorganisme yang mampu mereduksi polutan organik secara cepat. INOLA-221 dapat bertahan pada pH 7-9. INOLA-221 mengandung beberapa bakteri seperti *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Nitrosomonas sp.*, *Aerobacter sp.*, *Azotosomonas sp.*, *Azotobacter sp.*, dan *Saccharomyces sp.*, yang memiliki peran spesifik dalam menurunkan kandungan bahan organik pada limbah cair industri gula (Oktavia, 2012).

Proses awal pembiakan bakteri dilakukan dengan mengisi kolam stabilisasi 1 dengan air bersih sampai volume 60 m<sup>3</sup> dan mengaktifkan sistem aerasi pada kolam tersebut. Sebagai nutrisi ditambahkan gula sebanyak 100 kg dan urea sebanyak 18 kg. Berikutnya dilakukan pembibitan bakteri jenis INOLA-221 sebanyak 15 kg dengan kondisi fisik air pada awal pembibitan yaitu pH 5 dan di aerasi selama 48 jam. Setelah itu, dilakukan pengisian kolam stabilisasi 2 dengan volume 35 m<sup>3</sup> dan bibit bakteri

pada kolam stabilisasi 1 ditransfer menuju kolam stabilisasi 2 sebanyak 50% ( $30 \text{ m}^3$ ). Penambahan air bersih dilakukan pada masing-masing kolam sebanyak  $35 \text{ m}^3$  sehingga volume total kolam stabilisasi 1 dan stabilisasi 2 mencapai  $130 \text{ m}^3$  serta dilakukan aerasi selama 48 jam hingga mencapai pH 7.

Setelah ditambahkan air bersih sampai volume  $130 \text{ m}^3$ , biasanya pH akan mengalami penurunan sehingga ditambahkan  $\text{NaOH} \pm 15 \text{ L}$ . Berikutnya pengisian air menuju kolam aerasi 1 sampai volume  $270 \text{ m}^3$  dan hasil pembiakan mikroba dimasukkan sehingga volume total adalah  $400 \text{ m}^3$ . Sebelum mikroba dimasukkan pada kolam aerasi, dilakukan penambahan nutrisi berupa urea sebanyak 40 kg dan gula sebanyak 400 kg serta di aerasi selama 48 jam. Air limbah pada kolam equalisasi mulai dialirkan menuju kolam aerasi menggunakan pompa dengan prinsip *overflow*. Temperatur limbah maksimal  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  dengan  $\text{pH} \geq 7$  dan dalam kondisi tidak terkontaminasi oleh minyak. Apabila limbah pada kolam aerasi dibawah pH 7 maka *inlet* dari kolam equalisasi akan dihentikan sampai mencapai pH 7 atau bila perlu dilakukan penambahan nutrisi pada kolam tersebut.

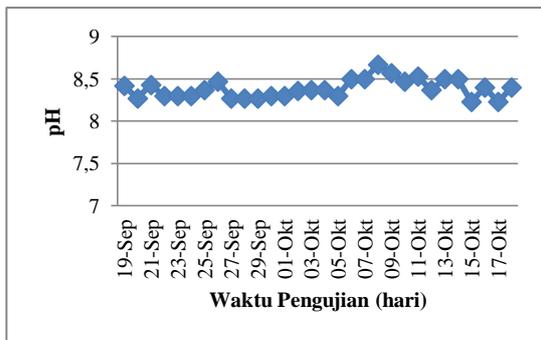
### **Proses Screening**

Proses *screening* merupakan tahapan primer yang berfungsi untuk

memisahkan material yang berukuran besar seperti plastik, daun-daunan, ranting pohon, kayu dan lain-lain sehingga proses pengolahan utama tidak terganggu dan tidak terjadi penyumbatan pada pipa-pipa air limbah. Proses ini diawali dengan mengalirkan air limbah melalui saluran AML (Air Masuk Limbah) dan selanjutnya mengalir melewati *screening* untuk memisahkan material-material tersebut. Unit ini merupakan proses yang bersifat kontinyu dan tidak membutuhkan waktu tinggal (detensi). Material yang tidak tersaring pada *screening* akan dibawa menuju kolam equalisasi.

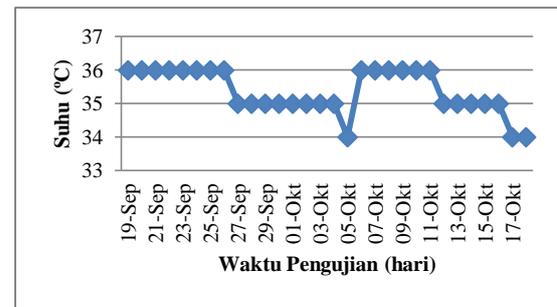
### **Proses Equalisasi**

Proses equalisasi merupakan tahapan setelah pengolahan primer dan sebelum pengolahan secara biologis yang berfungsi untuk menstabilkan *inlet* sebelum masuk ke kolam aerasi. Equalisasi merupakan bak pengendapan material pasir yang tidak tersaring pada proses *screening*. Pada kolam equalisasi dilakukan pengukuran pH setiap 2 jam sekali yang bertujuan untuk memastikan bahwa kondisi air limbah telah sesuai dengan persyaratan proses. Apabila pH kurang dari syarat yang telah ditentukan maka dilakukan penambahan susu kapur. Hasil pengukuran pH pada kolam equalisasi dapat dilihat pada Gambar 2.



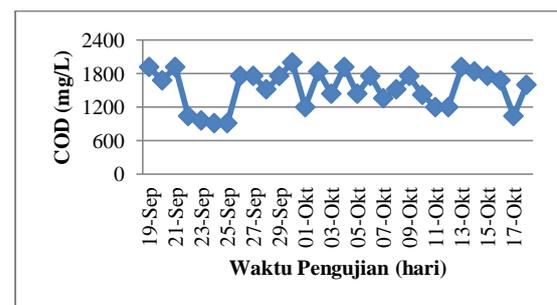
**Gambar 2** Hasil Pengujian pH pada kolam Equalisasi

Berdasarkan hasil pengujian derajat keasaman (pH) pada kolam equalisasi nilai pH berkisar antara 8,23 sampai 8,67. Nilai pH air limbah cenderung bersifat basa namun termasuk pada kisaran nilai pH yang masih memenuhi standar baku mutu air untuk lingkungan. Kondisi ini sesuai dengan rentang nilai yang ditolerir yakni pada kisaran 7-9. Karena pada tahap equalisasi berhubungan dengan proses aerasi yang menggunakan jenis bakteri INOLA-221. Bakteri jenis INOLA-221 dapat bertahan hidup pada pH 7-9 (Oktavia, 2012). Agar dapat diproses ke tahap berikutnya temperatur air limbah pada kolam equalisasi maksimal 40 °C, sehingga pada kolam ini dilengkapi dengan *spray* yang berfungsi untuk mengurangi perbedaan suhu. Pengujian temperatur air limbah pada kolam equalisasi dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3** Pengujian suhu pada kolam Equalisasi

Hasil pengukuran suhu pada kolam equalisasi menunjukkan bahwa nilai suhu air limbah berkisar antara 34 sampai 36 °C. Suhu air limbah yang tinggi dipengaruhi oleh penggunaan mesin pabrik terutama mesin pencucian. Selain itu, suhu air limbah yang tinggi disebabkan oleh intensitas sinar matahari yang masuk ke badan air sehingga membuat suhu air limbah akan semakin tinggi (Marlina et al., 2017). Sebelum masuk ke kolam aerasi, pengukuran nilai COD dilakukan untuk memastikan bahwa air limbah dapat diproses ke tahap berikutnya, kadar COD maksimal yaitu 4000 mg/L. Berdasarkan hasil pengujian COD pada kolam equalisasi dapat dilihat pada Gambar 4



**Gambar 4** Pengujian kadar COD

Hasil pengukuran nilai COD menunjukkan bahwa nilai polutan organik dalam air limbah berkisar antara 912 sampai 2.000 mg/L. Nilai tersebut masih tergolong tinggi, namun bervariasi pada setiap pengukuran. Nilai COD yang berbeda menunjukkan bahwa beban cemaran yang terkandung dalam air limbah berbeda pula. Nilai COD tertinggi terjadi pada hari ke-12 yaitu mencapai 2000 mg/L. Tingginya kadar COD dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, kondisi pabrik, dan kinerja dari IPAL (Hasanudin & Suroso, 2013). Limbah cair organik yang mengandung COD tinggi mengindikasikan bahwa pada air limbah tersebut banyak mengandung hidrokarbon. Hidrokarbon yang berasal dari industri gula yaitu karbohidrat, sakarosa, fruktosa, atau turunan disakarida lainnya yang harus dihilangkan melalui proses pengolahan air limbah (Agustinus et al., 2014).

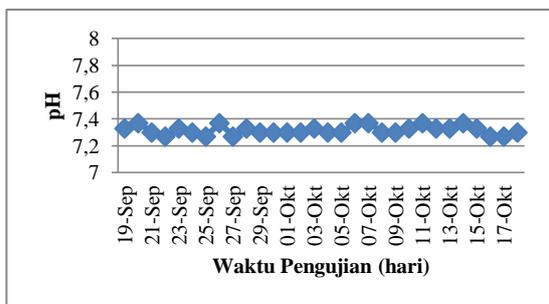
### **Proses Aerasi**

Air limbah dialirkan menuju kolam aerasi dengan pompa secara bertahap, diawali dengan kolam aerasi 1 dan dialirkan ke kolam aerasi 2 sampai kolam aerasi 4 dengan prinsip *overflow*. Warna air pada kolam aerasi harus diamati agar tidak menjadi hitam dengan mengendalikan debit air yang masuk (maksimal 120 m<sup>3</sup>/jam) dan penambahan waktu tunggu pada masing-masing kolam aerasi. Tujuan proses aerasi adalah

mengontakkan semaksimal mungkin permukaan air limbah dengan udara untuk menaikkan jumlah oksigen, sehingga pada masing-masing kolam dilengkapi dengan *aerator*. Sebagai nutrisi bakteri dilakukan penambahan urea secara kontinyu pada kolam aerasi.

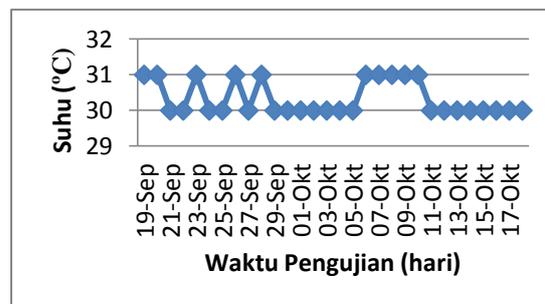
Analisis air limbah pada kolam aerasi dilakukan setiap 2 jam untuk memastikan bahwa volume lumpur aktif (*activated sludge*) tidak melebihi standar yang ditentukan. Ideal volume lumpur aktif (*activated sludge*) pada kolam aerasi adalah 30-40% (Ningtyas, 2015). Apabila melebihi batas yang ditentukan maka dilakukan pengurangan dengan cara *recycle* pada bak sedimentasi untuk mengendapkan kandungan lumpur aktif. Media pada bak sedimentasi adalah tanah atau pasir, sehingga bakteri akan tersaring pada media tersebut dan air akan dipompa kembali ke kolam equalisasi. Endapan padat pada kolam sedimentasi kemudian dikeringkan dan dimanfaatkan menjadi pupuk tanaman oleh petugas Bina Lingkungan disekitar Unit Pengolahan Limbah Cair (UPLC).

Setelah melalui beberapa tahapan proses pada kolam aerasi diperoleh nilai pH air limbah mengalami penurunan dan semakin mendekati netral yakni berkisar antara 7,3 sampai 7,4. Hasil pengujian pH pada kolam aerasi dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5** Hasil Pengujian nilai pH pada kolam Aerasi

Penurunan nilai derajat keasaman (pH) pada pengolahan air limbah industri gula dipengaruhi oleh beberapa faktor yang meliputi aktivitas mikroorganisme, meningkatnya kadar oksigen terlarut (DO) dan lingkungan. Kondisi pH netral pada proses pengolahan dengan menggunakan metode biologi (menggunakan bakteri) dipengaruhi oleh penambahan nutrisi berupa urea yang mengandung kandungan N (Nitrogen). Dalam proses *intermediate* kandungan N akan menghasilkan  $\text{NH}_3$  yang terikat oleh molekul air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) sehingga menjadi  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Senyawa  $\text{NH}_4\text{OH}$  yang dihasilkan dapat menetralkan pengaruh asam. Pengujian suhu air limbah pada kolam aerasi juga terjadi penurunan. Hasil pengujian suhu dapat dilihat pada Gambar 6.



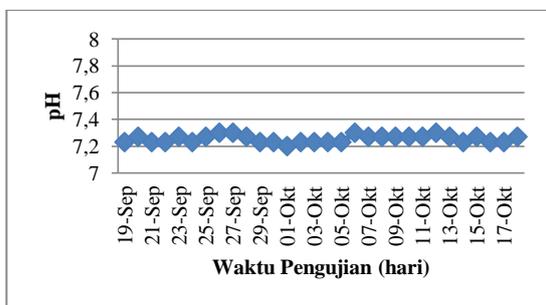
**Gambar 6** Pengujian suhu pada kolam Aerasi

Berdasarkan hasil di atas, nilai suhu pada proses aerasi mengalami penurunan berkisar antara 30 sampai 31°C dari nilai awal sebesar 36°C. Hasil penurunan suhu pada proses ini berbanding terbalik dengan penelitian yang menyatakan bahwa suhu air limbah akan meningkat seiring berlangsungnya proses aerasi. Peningkatan suhu ini terjadi karena kadar oksigen terlarut yang semakin tinggi (Batara *et al.*, 2017). Perbedaan nilai suhu pada penelitian disebabkan oleh pengaruh udara dan angin disekitar proses pengolahan limbah.

#### **Clarifier (Pengendapan)**

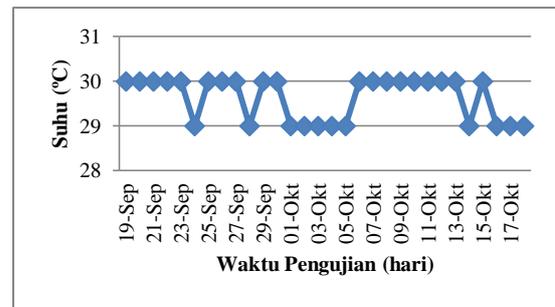
Pada tahap ini air limbah akan mengalir melalui pipa vertikal yang terdapat pada tangki *clarifier*. Tujuan dari proses ini yaitu untuk memisahkan sejumlah partikel-partikel halus (*suspended solid*) yang terdapat pada air limbah. Pemisahan partikel-partikel halus dilakukan menggunakan prinsip gravitasi, karena dalam pengolahan menggunakan sistem biologi, mikroorganisme akan tumbuh secara koloni membentuk flok atau

gumpalan-gumpalan kecil yang mudah mengendap (Ratnani, 2012). Air limbah yang telah jernih akan mengalir melalui bagian samping tangki *clarifier* dan dialirkan ke *outlet* UPLC dengan sistem *overflow* menuju sungai. Dalam meningkatkan efektifitas pengolahan apabila endapan partikel-partikel halus pada tangki *clarifier* telah mencapai 50%, maka akan dipompa menuju bak sedimentasi. Pengujian pH dan suhu juga dilakukan pada pintu *outlet* setiap 2 jam sekali. Hasil pengujian nilai pH dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Pengujian pH pada pintu *outlet*

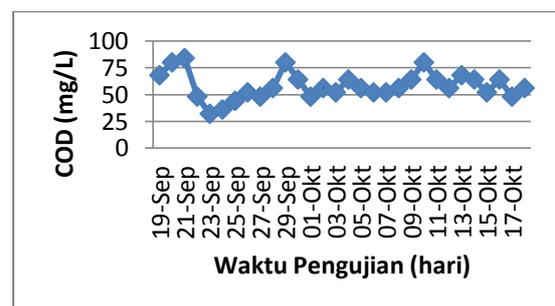
Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai pH mengalami penurunan berkisar antara 7,2 sampai 7,3 (dalam kondisi netral) yakni sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Penurunan juga terjadi pada parameter suhu yang dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8** Pengujian suhu pada pintu *outlet*

Berdasarkan hasil pengujian suhu pada pintu *outlet* menunjukkan penurunan nilai suhu yaitu berkisar antara 29 sampai 30°C. Hasil tersebut menunjukkan nilai yang konstan dalam setiap pengujian. Penurunan nilai suhu dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang meliputi pengaruh udara dan angin disekitar proses pengolahan limbah.

Pengujian nilai COD dilakukan pada pintu *outlet* dengan hasil akhir nilai COD dapat dilihat pada Gambar 9.



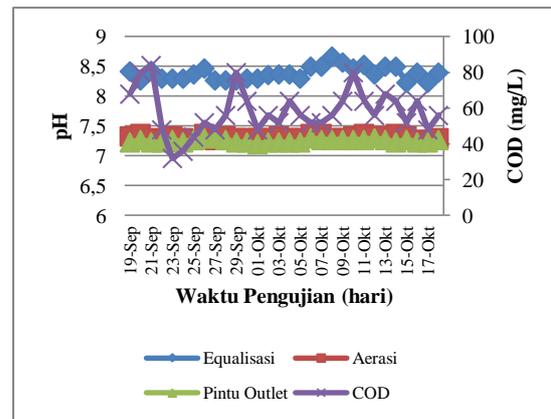
**Gambar 9** Pengujian COD pada pintu inlet

Hasil pengukuran nilai COD pada bak *outlet* diperoleh nilai COD mengalami penurunan yang jauh lebih kecil yaitu berkisar antara 32 sampai 80 mg/L. Penurunan nilai COD dipengaruhi oleh peningkatan jumlah oksigen terlarut

selama proses aerasi dan menunjukkan adanya aktifitas mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa organik (Fitri *et al.*, n.d.). Nilai COD *outlet* hasil pengujian air limbah telah memenuhi syarat untuk dibuang ke badan air sesuai dengan SK Gub. Jatim No. 52 Tahun 2014.

### Pengaruh pH terhadap Penjernihan Limbah Cair

Pengujian kadar keasaman (pH) pada Unit Pengolahan Limbah Cair (UPLC) dilakukan pada masing-masing tahapan proses dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh setiap tahapan proses terhadap kualitas air limbah yang dihasilkan. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai pH pada suatu perairan adalah konsentrasi nilai COD. Kandungan COD berlebihan yang terkandung dalam air limbah dapat menurunkan kandungan oksigen terlarut (DO) dan pH sehingga akan berpengaruh terhadap penurunan kualitas air. Hasil pengujian kadar keasaman (pH) terhadap nilai COD pada pintu *outlet* UPLC dapat dilihat pada Gambar 10.



**Gambar 10** Hasil Pengujian pH terhadap Penurunan COD

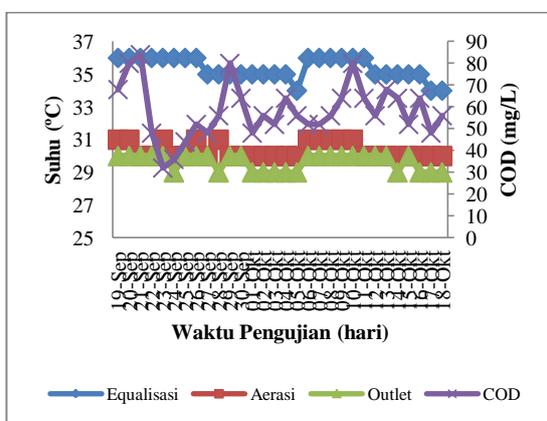
Berdasarkan hasil pengujian derajat keasaman (pH) air limbah menunjukkan bahwa nilai pH pada kolam equalisasi cenderung bersifat basa yaitu berkisar antara 8,2 sampai 8,7. Penurunan nilai pH terjadi pada proses aerasi dengan nilai pH yang mendekati netral yaitu berkisar antara 7,3 sampai 7,4. Penurunan nilai pH pada pengolahan air limbah industri gula dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu aktivitas mikroorganisme, meningkatnya oksigen terlarut (DO), aerasi dan lingkungan (Hasanudin & Suroso, 2013). Dengan meningkatnya kandungan oksigen terlarut (DO) akan berpengaruh terhadap penurunan kadar COD karena nilai COD menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat-zat organik maupun anorganik pencemar (Atima, 2015).

Hasil akhir nilai pH yang keluar pada pintu *outlet* berkisar antara 7,2 sampai 7,3 (dalam kondisi netral). Dengan hasil nilai COD akhir yang sangat

bervariasi, pH memiliki nilai yang relatif konstan dalam setiap pengujian. Sehingga dari hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi efektifitas penurunan nilai COD diantaranya meliputi debit air dan volume lumpur aktif serta kinerja dari IPAL (Hasanudin & Suroso, 2013).

### **Pengaruh Suhu terhadap Penjernihan Limbah Cair**

Pengujian temperatur dilakukan pada masing-masing tahapan proses yaitu pada proses equalisasi, bak *inlet* dan aerasi serta bak *outlet* yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh pada masing-masing tahapan proses dan memastikan bahwa air limbah dapat diproses ke tahap berikutnya. Hasil pengujian suhu pada tanggal 19 September sampai 18 Oktober 2019 (30 hari) yang dibandingkan dengan nilai COD akhir pada bak *outlet* dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11** Hasil Pengujian Suhu terhadap Penurunan COD

Hasil pengukuran suhu selama satu bulan pada masing-masing tahapan proses menunjukkan bahwa pada kolam equalisasi nilai suhu air limbah berkisar antara 34 sampai 36°C. Nilai suhu yang tinggi pada kolam equalisasi dipengaruhi oleh penggunaan mesin pabrik terutama mesin pencucian dan intensitas sinar matahari yang masuk ke badan air (Marlina *et al.*, 2017). Pada proses aerasi nilai suhu air limbah mengalami penurunan menjadi 30 sampai 31°C. Dengan nilai suhu yang mengalami penurunan dan memiliki nilai yang relatif sama pada setiap pengujian, berbeda dengan hasil COD yang dihasilkan. Hasil COD akhir pada proses pengolahan limbah memiliki nilai yang sangat bervariasi.

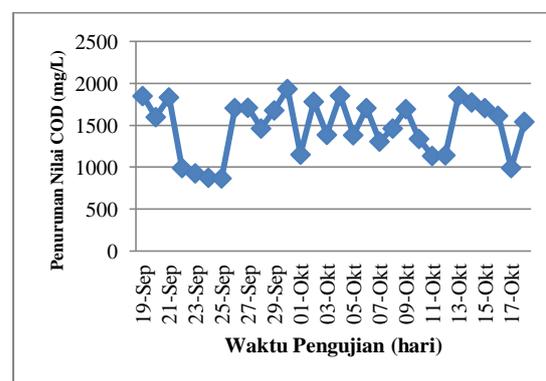
Adanya penurunan suhu pada proses aerasi juga berbanding terbalik dengan penelitian (Batara *et al.*, 2017) yang menyatakan bahwa hasil pengujian suhu terhadap masing-masing variasi debit dan waktu aerasi menunjukkan adanya kenaikan suhu pada air limbah. Pada variasi debit 4 liter/menit pada pengujian ke-1 dengan waktu 0 menit menunjukkan nilai suhu sebesar 27,8°C, pada pengujian ke-2 dengan waktu 15 menit nilai suhu air limbah mengalami kenaikan menjadi 28,3°C, pengujian ke-3 dengan waktu 30 menit menunjukkan nilai suhu sebesar 28,2°C, pada pengujian ke-4 dengan waktu 45 menit nilai suhu mengalami kenaikan

menjadi 28,4°C dan pada pengujian ke-5 dengan waktu 60 menit nilai suhu mengalami kenaikan menjadi 28,6°C. Kenaikan suhu semakin meningkat seiring dengan kenaikan kadar oksigen, karena suhu dalam air dipengaruhi oleh tingkat difusi, tegangan permukaan dan kekentalan air. Kemampuan difusi oksigen akan meningkat dengan kenaikan suhu. Sedangkan tegangan permukaan dan kekentalan menurun seiring dengan kenaikan suhu. Perbedaan nilai suhu pada penelitian ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang meliputi udara dan angin disekitar proses pengolahan.

### Pengaruh Kadar COD terhadap Penjernihan Limbah Cair

Nilai COD menunjukkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimia menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Nilai COD mencerminkan kandungan bahan organik air limbah termasuk bahan organik yang tidak dapat diuraikan secara biologi. Bila nilai COD rendah maka pencemaran tersebut rendah. Pengujian nilai COD hanya dilakukan pada bak *inlet* dan *outlet* UPLC. Pengujian pada bak *inlet* bertujuan untuk memastikan bahwa sebelum masuk kolam aerasi kadar COD maksimal yaitu 4000 mg/L. Jika melebihi batas yang telah ditetapkan maka akan dilakukan penurunan kadar COD dengan menambahkan air bersih pada kolam equalisasi.

Pengujian kadar COD pada bak *outlet* UPLC dilakukan untuk memastikan bahwa limbah yang dibuang ke lingkungan telah sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sesuai dengan keputusan Gub Jatim No. 52 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi industri gula dengan kapasitas antara 2500 sampai dengan 10.000 ton/hari. Hasil penurunan nilai COD yang telah melalui beberapa tahapan proses dapat dilihat pada Gambar 12.



**Gambar 12** Penurunan nilai COD

Hasil penurunan nilai COD sangat fluktuatif pada setiap pengujian. Penurunan paling tinggi terjadi pada pengujian hari ke-12 dengan nilai COD akhir pada bak *outlet* sebesar 64 mg/L dari nilai awal sebesar 2000 mg/L. Penurunan nilai COD menunjukkan banyaknya konsentrasi bahan organik yang mampu didegradasi oleh bakteri. Menurut penelitian (Danil *et al.*, 2017) yang menyatakan bahwa pada kontrol suhu sebesar 55°C dan nilai pH 5,5 didapatkan hasil COD sebesar 1.602,7600 mg/L. Hasil

tersebut menunjukkan kondisi kontrol suhu dan pH memiliki efektifitas penurunan COD yang lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan kontrol. Kondisi kontrol suhu dan pH dapat menurunkan kadar polutan dan dapat mengendapkan senyawa yang teroksidasi dalam COD.

Dalam meningkatkan efektifitas pengolahan limbah cair, PG. XYZ telah mengontrol kondisi suhu dan pH air limbah sebelum masuk ke kolam aerasi yaitu <math>40^{\circ}\text{C}</math> dan pH antara 7-9. Hal ini berhubungan dengan proses aerasi yang menggunakan jenis bakteri INOLA-221. Bakteri ini merupakan kumpulan bakteri gram negatif, berbentuk batang, dan jenis heterotrof yang mengonsumsi bahan organik sebagai sumber karbon. Bakteri INOLA-221 hidup spesifik pada suhu  $29-32^{\circ}\text{C}$  dan pH netral (Oktavia, 2012).

Faktor lain yang dapat mempengaruhi efisiensi penurunan nilai COD yaitu debit air dan kandungan bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Selain itu, penurunan efisiensi nilai COD juga dipengaruhi oleh waktu tinggal air limbah pada setiap proses, semakin pendek waktu tinggal maka efisiensi penyisihan COD semakin turun (Said 2002).

### **Pengaruh Warna terhadap Penjernihan Limbah Cair**

Pada penelitian ini, warna air limbah diamati secara langsung di lapangan. Perbedaan warna terjadi pada masing-

masing tahapan proses. Warna air limbah disebabkan adanya kandungan bahan organik yang terkandung didalamnya. Bila warna berubah menjadi hitam maka hal itu menunjukkan telah terjadi pencemaran. Adapun hasil pengujian warna dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1** Perubahan warna air limbah pada setiap tahapan proses

<b>Proses</b>	<b>Warna</b>
<i>Screening</i>	Coklat kehitaman
Equalisasi	Coklat kehitaman
Aerasi 1	Coklat
Aerasi 2	Coklat
Aerasi 3	Coklat
Aerasi 4	Coklat
<i>Clarifier</i>	Agak Jernih
Bak Outlet	Jernih

*Sumber* : Analisis Lapangan (2019)

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa pada proses *screening*, air limbah yang masuk berwarna coklat kehitaman karena pada tahap ini merupakan tahapan primer untuk memisahkan material padat seperti daun, ranting pohon, kayu dan plastik sehingga air limbah masih mengandung padatan terlarut maupun bahan organik lain yang cukup tinggi. Pada proses equalisasi air limbah masih berwarna coklat kehitaman karena proses ini hanya digunakan untuk menstabilkan air limbah sebelum masuk ke kolam aerasi.

Pada kolam aerasi 1, 2, 3, dan 4 air limbah berubah warna menjadi coklat. Warna coklat pada air limbah disebabkan karena adanya lumpur aktif (*activated*

*sludge*). Perubahan tersebut menunjukkan adanya proses dekomposisi atau penguraian bahan-bahan organik oleh bakteri INOLA-221. Warna air limbah pada proses aerasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain debit air, nutrisi yang cukup dan volume lumpur aktif.

Debit air limbah maksimal pada kolam aerasi yaitu 120 m<sup>3</sup>/jam. Pengendalian debit air dilakukan agar air limbah tidak berwarna hitam. Pemberian nutrisi akan disesuaikan dengan debit air yang masuk, apabila pemberian nutrisi tidak sesuai maka akan terjadi kematian bakteri yang menjadikan air limbah berubah warna menjadi hitam dan dapat mengurangi efektifitas pengolahan (Agustinus *et al.*, 2014). Kandungan lumpur aktif pada kolam aerasi juga mempengaruhi efisiensi proses pengolahan limbah, sehingga apabila melebihi batas yang ditentukan yaitu 30-40%, limbah akan di *recycle* pada bak sedimentasi. Berikutnya pada tangki *clarifier* air limbah berubah menjadi agak jernih karena pada proses ini terjadi pembentukan flok dan pengendapan partikel-partikel halus pada tangki *clarifier* sehingga pada bak *oulet* air limbah menjadi jernih (Ratnani, 2012).

## PENUTUP

Proses pengolahan limbah cair PG. XYZ terdiri dari beberapa tahapan proses, dimulai dari proses *screening*

(penyaringan), equalisasi, aerasi dan *clarifier* (pengendapan). Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi penjernihan limbah cair yaitu pH (kadar keasaman), suhu, debit air limbah, dan kandungan lumpur aktif. Nilai pH inlet yang dapat ditolerir yaitu antara 7-9 dengan suhu maksimal pengolahan 40°C. Debit air limbah pada kolam aerasi maksimal 120 m<sup>3</sup>/jam dengan ideal volume lumpur aktif yaitu 30-40% sehingga diperoleh rata-rata nilai COD akhir sebesar 58 mg/L.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustinus, E. T. S., Sembiring, H., & Effendi, E. (2014). Implementasi Material Preservasi Mikroorganisme (Mpmo) Dalam Pemrosesan Limbah Cair Organik Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah. *RISSET Geologi Dan Pertambangan*, 24(1), 65–76.
- Atima, W. (2015). BOD dan COD sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah. *Biosel (Biology Science and Education): Jurnal Penelitian Sains Dan Pendidikan*, 4(1), 83–93.
- Batara, K., Zaman, B., & Oktiawan, W. (2017). *Pengaruh Debit Udara dan Waktu Aerasi Terhadap Efisiensi Penurunan Besi dan Mangan Menggunakan Diffuser Aerator pada Air Tanah*. Diponegoro University.

- Danil, R., Kirom, M. R., & Qurtobi, A. (2017). Analisis Pengaruh Suhu Dan Ph Terhadap Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand Dalam Sistem Temperature Phased Anaerobic Digestion Dengan Substrat Limbah Makanan. *EProceedings of Engineering*, 4(2).
- Fitri, H. M., Hadiwidodo, M., & Kholiq, M. A. (n.d.). *Penurunan Kadar Cod, Bod, Dan Tss Pada Limbah Cair Industri MSG (Monosodium Glutamat) Dengan Biofilter Anaerob Media Bio-ball*. Diponegoro University.
- Hasanudin, U., & Suroso, E. (2013). Kajian Efektifitas Penggunaan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Dalam Menurunkan Beban Pencemar Air Limbah Industri Gula Tebu. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 18(2), 157–167.
- Isyuniarto, I., & Andrianto, A. (2009). Pengaruh Waktu Ozonisasi Terhadap Penurunan Kadar Bod, Cod, Tss Dan Fosfat Pada Limbah Cair Rumah Sakit. *GANENDRA Majalah IPTEK Nuklir*, 12(1).
- Marlina, N., Hudori, H., & Hafidh, R. (2017). Pengaruh Kekasaran Saluran dan Suhu Air Sungai pada Parameter Kualitas Air COD, TSS di Sungai Winongo Menggunakan Software QUAL2Kw. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 9(2), 122–133.
- Ningtyas, R. (2015). Pengolahan Air Limbah dengan Proses Lumpur Aktif. *Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung, Indonesia*.
- Oktavia, L. (2012). Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula Menggunakan Kolam Aerasi Dengan Penambahan Inola-121. *Jurnal Purifikasi*, 13(1), 9–16.
- Ratnani, R. D. (2012). Kecepatan Penyerapan Zat Organik Pada Limbah Cair Industri Tahu Dengan Lumpur Aktif. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 7(2).
- Said, N. I., & Utomo, K. (2007). Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Proses Lumpur Aktif Yang Diisi Dengan Media Bioball. *Jurnal Air Indonesia*, 3(2).
- Said, N. I. 2002. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan. ISBN : 979- 8465-38-5.